



**Escola Nacional de Administração Pública**

**Relatório de Pesquisa nº 3**

**O Futuro das Ocupações  
no Executivo Federal Brasileiro:  
cenários de automação**

**Projeto Básico 276/2019/CGPROJ/DEC/ENAP**

**Willian Boschetti Adamczyk**

**Brasília**

**Mai de 2022**

## RESUMO

O avanço das tecnologias de automação e a transição demográfica são duas das principais forças de transformação na economia brasileira do século XXI. Nesse contexto, o relatório de pesquisa tem como objetivo construir projeções para a necessidade de servidores no Executivo federal do Brasil, entre os anos de 2020 e 2050. Para isso, analisa-se os efeitos do envelhecimento populacional sobre a demanda por serviços públicos. Em um primeiro momento adota-se a hipótese de inexistência de inovações tecnológicas. Três cenários simulam mudanças esperadas apenas nos serviços de saúde e educação. Até 2050, o Cenário 1 projeta a necessidade aproximada de 577 mil servidores; o Cenário 2 prevê cerca de 599 mil; enquanto o Cenário 3 projeta 655 mil servidores atuando em tempo integral. A adoção de tecnologias de automação em ritmo moderado pode reduzir esses números para um intervalo entre 502 mil e 571 mil, enquanto em ritmo acelerado a automação pode reduzir a necessidade entre 388 mil a 435 mil servidores.

**Palavras-chave:** Transição demográfica; Envelhecimento populacional; Automação; Executivo federal; Projeção de cenários.

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	4
2 DEMANDA DE SERVIDORES NO BRASIL DO FUTURO .....	6
2.1 Demografia, saúde e educação.....	6
2.2 Cenários de demanda de servidores.....	15
3. ESTIMATIVAS DE AUTOMAÇÃO.....	20
3.1 Revisão da literatura de automação.....	20
3.2 Metodologia de previsão de automação.....	23
3.1.1. Bartik Occupational Tasks 1.0.....	24
3.1.2 Bartik Occupational Tasks 2.0.....	25
3.2 Tarefas e ocupações automatizáveis.....	30
4. AUTOMAÇÃO NOS CENÁRIOS DE DEMANDA DE SERVIDORES.....	34
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
REFERÊNCIAS.....	41
APÊNDICES .....	47

## 1 INTRODUÇÃO

As tecnologias de automação e a transição demográfica são duas das principais forças de transformação na economia brasileira do século XXI. A transição para uma sociedade com menor população em idade produtiva pode impor dificuldades ao crescimento econômico. Possíveis soluções para a escassez de mão de obra podem advir da adoção de tecnologias de automação (ACEMOGLU; RESTREPO, 2022).

As projeções populacionais do IBGE (2018) consideram que a população do país deve atingir seu ponto máximo até 2050, com um aumento expressivo na população idosa. Com a idade, observa-se maior incidência de problemas crônicos severos de saúde, ampliando a necessidade de atendimento médico e a pressão sobre os custos de tratamento (BLOOM; LUCA, 2016). No Brasil, o setor público é responsável por 46% dos gastos em serviços de saúde, representando 4% do PIB em 2017 (FIGUEIREDO *et al.*, 2018; ROCHA *et al.*, 2021).

Por outro lado, o envelhecimento populacional tende a reduzir a demanda por educação básica, com uma constante queda no número de jovens na sociedade. Em 2020, jovens em idade escolar, entre 0 e 14 anos, representavam 20,9% da população, com tendência a diminuir progressivamente para 15,4% em 2050 (IBGE, 2018). No Executivo federal, a maior parte dos gastos com educação se destinam ao ensino superior. Atualmente, o ensino superior é cursado por 25% dos jovens entre 18 e 25 anos (INEP, 2019), sendo a sua expansão desejável para aumento de competitividade da mão de obra e prevista como metas em Planos Nacionais de Educação. Assim, a transição demográfica reduz a demanda nos níveis básicos de educação, mas não determina as políticas públicas de oferta de ensino superior.

Nesse contexto, a presente pesquisa tem como objetivo investigar os efeitos futuros das tecnologias de automação sobre a necessidade de servidores no Executivo federal. Para isso, construiu-se projeções de cenários para a necessidade de servidores federais no Brasil até 2050. Os cenários levam em consideração os

efeitos do envelhecimento populacional e avanços na cobertura e qualidade dos serviços de saúde e educação.

Em um primeiro momento adota-se a hipótese de inexistência de inovações tecnológicas. Três cenários simulam mudanças esperadas apenas nos serviços de saúde e educação. Até 2050, o Cenário 1 projeta a necessidade aproximada de 577 mil servidores; o Cenário 2 prevê cerca de 599 mil; enquanto o Cenário 3 projeta 655 mil servidores atuando em tempo integral. A adoção de tecnologias de automação em ritmo moderado pode reduzir esses números para um intervalo entre 502 mil e 571 mil, enquanto em ritmo acelerado, a automação pode reduzir a necessidade entre 388 mil a 435 mil servidores.

Dessa forma, contribui-se para uma escassa literatura de projeções de cenários de crescimento na demanda por servidores públicos, a partir da análise de tendências demográficas que afetam os gastos e o número de profissionais que atuam nas áreas de saúde e educação. Inova-se ao propor as tecnologias de automação como alternativas para o crescimento na demanda por servidores. Assim, busca-se suavizar a necessidade de contratação de novos servidores, com vistas à redução de custos, aumento de produtividade e qualidade na prestação de serviços públicos.

As seções seguintes apresentam as mudanças na demografia, saúde e educação no Brasil (seção 2.1) que embasam a construção de projeções de demanda por servidores no futuro (2.2). A seguir, discute-se a literatura de automação e metodologias construídas para projeção das atividades automatizáveis (3), e os possíveis efeitos da automação sobre cada cenário de demanda por servidores (4). Por último, realiza-se as considerações finais (5).

## **2 DEMANDA DE SERVIDORES NO BRASIL DO FUTURO**

A seção apresenta uma discussão da literatura e principais fontes de dados sobre os efeitos esperados da transição demográfica brasileira, discutindo as tendências sobre aumentos na necessidade de servidores públicos e as tendências de automação trazidas por estudos anteriores.

### **2.1 Demografia, saúde e educação**

Nos países desenvolvidos, a transição demográfica foi gradual e se estendeu ao longo do século XX (BLOOM; LUCA, 2016). Nos países em desenvolvimento, a transição está ocorrendo em ritmo mais acelerado. Enquanto a França demorou quase um século para dobrar a população acima de 60 anos, espera-se que o Brasil realize o mesmo em um quarto do tempo. Lee (2003) estima que todos os países tenham concluído a fase de transição demográfica para uma sociedade com a predominância de idosos até 2100.

Um desafio próprio atinge as economias em desenvolvimento. Até os anos 2000, o processo de envelhecimento da população brasileira foi resultado do declínio progressivo da fecundidade, e em menor escala, da mortalidade (KILSZTAJN *et al.*, 2003). A partir de então, a transição demográfica tornou-se mais acelerada graças à disseminação de tecnologias de saúde e na extensão da cobertura de saúde a grande parte da população.

Os dados das Retroprojeções e Projeções da População do IBGE (2018) permitem analisar a transição demográfica brasileira nas próximas décadas. As estimativas do IBGE (2018) levam em conta as taxas de fecundidade, mortalidade e processos migratórios. A Tabela 1 apresenta a população brasileira por faixa etária verificada em 2010 e projetada entre 2020 e 2050.

Tabela 1. Projeções da população brasileira por faixa etária, 2010 a 2050.

Grupo Etário	População (milhões)				
	2010	2020	2030	2040	2050
0 a 9	30,723	29,381	27,935	25,365	23,587
10 a 14	17,397	14,805	14,690	13,599	12,390
15 a 19	17,219	15,791	14,596	14,260	12,916
20 a 29	34,811	34,219	30,295	29,050	27,661
30 a 39	30,031	34,232	33,746	29,934	28,753
40 a 49	25,177	29,255	33,496	33,115	29,427
50 a 59	18,664	23,875	27,987	32,196	31,933
60 a 69	11,503	16,733	21,722	25,710	29,711
70 a 79	6,390	9,023	13,548	17,869	21,390
80 +	2,975	4,441	6,852	10,822	15,164
Total	194,891	211,756	224,868	231,920	232,933

Fonte: elaboração própria com dados de retroprojeções e projeções populacionais do IBGE (2018).

Espera-se que a população brasileira atinja um máximo no ano de 2047, com 233,2 milhões de pessoas. A partir de então, a projeção é de gradual decréscimo no número de brasileiros como um todo. Observa-se um declínio contínuo no número de jovens, nas faixas de 0 a 19 anos, e adultos, até 39 anos. Já as faixas etárias acima de 40 anos apresentam contínuo crescimento a partir de 2020.

A população de idosos, ou seja, aqueles acima dos 60 anos, tem aumentado expressivamente desde os anos 1980. O número de idosos passou de 8,2 milhões em 1980 para 30,2 milhões em 2020. Em 2030, espera-se que, pela primeira vez, idosos ultrapassem o número de jovens, com aumento de 39,5% até 2030, 80,2% até 2040 e 119,4% até 2050. O crescimento também é expressivo no grupo etário acima dos 80 anos, podendo atingir 333%, de 4,4 milhões em 2020 até 19,1 milhões em 2060.

O crescimento no número de idosos em idades avançadas traz implicações importantes para indivíduos, famílias e governos. Com a idade, aumenta-se a incidência de problemas crônicos severos de saúde, com maiores custos de tratamento e necessidade de atendimento (BLOOM; LUCA, 2016). De acordo com IBGE (2019), as despesas totais com saúde no Brasil têm ficado próximo aos 8% do

PIB entre 2000 e 2013. Com a recessão de 2014, os gastos têm crescido para cerca de 9,5% do PIB. Desse gasto, cerca de 5,5 p.p. são gastos privados com saúde, enquanto 4 p.p. são gastos públicos.

Em comparação com países da OCDE que possuem sistema público universal de saúde, o Brasil é o único em que o gasto privado supera o gasto público (FIGUEIREDO *et al.*, 2018). O setor público brasileiro é responsável por 46% dos gastos em serviços de saúde, representando 4% do PIB em 2017 (FIGUEIREDO *et al.*, 2018; ROCHA *et al.*, 2021).

Rocha *et al.* (2021) considera que o país terá a necessidade de aumento anual de 0,71% na necessidade de financiamento como porção do PIB. Até 2040, os autores projetaram que as necessidades de financiamento da saúde alcançarão 11,7% do PIB. Dieleman *et al.* (2017) encontram um número próximo, com 11,8% de gastos em saúde em 2040.

Ainda assim, estudos empíricos avaliando a sustentabilidade dos sistemas de saúde nacionais são escassos para países de baixa e média renda (ROCHA *et al.*, 2021). Parte dos estudos adotam a abordagem *top-down*, projetando gastos agregados em relação ao PIB, e outros adotam a abordagem *bottom-up*, inferindo tendências diretamente a partir de dados de emprego, gastos com morbidades e internações.

No presente estudo, adota-se uma abordagem *bottom-up*, usando-se os gastos com cada morbidade e a estrutura etária da população em 2019 como indicativo para o crescimento de gastos e demanda por profissionais da saúde. A alteração na composição da população em cada faixa etária faz com que doenças com maior prevalência entre os mais velhos tendam a ter maior crescimento nos gastos, enquanto aquelas morbidades com menor crescimento populacional percam espaço relativo.



Para simplificar o cálculo, adota-se três suposições:

- i) desconsidera-se evolução tecnológica nos tratamentos, ou seja, a intensidade de capital e trabalho permanecerá constante como porção dos gastos.
- ii) a prevalência das doenças por faixa etária permanecerá a mesma nas próximas décadas;
- iii) os gastos de 2019 refletem a estrutura de gastos de todo o período analisado, com estabilidade na prevalência relativa das doenças.

O procedimento detalhado das projeções de profissionais públicos da área da saúde pode ser encontrado no Relatório 2 desta pesquisa. Em resumo, utilizou-se a proporção de gastos em cada doença da CID-10 pelo SUS por faixa etária, aplicando-se a variação de gastos pela transição demográfica. Em seguida, equiparou-se morbididades da CID-10 com cada especialidade médica no Brasil, usando-se como *proxy* o aumento nos gastos para projetar o aumento da necessidade de cada especialidade médica. Na ausência de correspondência entre morbidade e especialidade, aplicou-se a taxa média de crescimento projetado nos gastos com saúde.

Assim, foram classificados como profissionais da saúde 230 das 2126 ocupações presentes no setor público na Relação Anual de Informações Sociais – RAIS 2019<sup>1</sup>. A Tabela 2 mostra o resultado da projeção de crescimento da demanda por cada profissional da área da saúde. A relação completa de profissionais da saúde pode ser encontrada na Tabela A1 da seção de Apêndices.

Em 2019, encontrou-se 63,3 mil profissionais da saúde atuando entre os servidores do Executivo federal. Aplicando-se a taxa de crescimento dos gastos esperados com a transição demográfica, espera-se 75 mil profissionais em 2030, um

---

<sup>1</sup> Um diagnóstico completo do setor público brasileiro usando os dados da RAIS pode ser visualizado no Atlas do Estado Brasileiro, de Lopez e Guedes (2018), em <https://www.ipea.gov.br/atlasestado/>.

crescimento de 18,4%. Para 2040 e 2050, respectivamente, projeta-se a necessidade de 85 mil e 92,6 mil profissionais, crescimentos de 34,2% e 46,2% em relação ao ano de 2019.

Os técnicos e auxiliares de enfermagem constituem o maior grupo de profissionais, sendo 20,9 mil servidores em 2019, com crescimento esperado para 24,8 mil em 2030, 28,2 mil em 2040, e 30,8 mil em 2050. As mesmas taxas de crescimento são aplicadas a trabalhadores em serviços de promoção e apoio à saúde, e enfermeiros e afins.

Tabela 2. Projeções de profissionais da saúde por taxas de gastos com morbidades.

CBO 2002	TITULO	2019 (mil)	2030 (mil)	%	2040 (mil)	%	2050 (mil)	%
3222	Técnicos e auxiliares de enfermagem	20,9	24,8	18,6	28,2	34,8	30,8	47,3
5151	Trabalhadores em serviços de promoção e apoio à saúde	11,8	14,0	18,6	15,9	34,8	17,4	47,3
2251	Médicos clínicos	8,3	9,9	18,5	11,1	33,6	12,0	44,7
2235	Enfermeiros e afins	7,8	9,2	18,6	10,5	34,8	11,5	47,3
3241	Tecnólogos e técnicos em métodos de diagnósticos e terapêutica	2,0	2,3	18,7	2,7	34,7	2,9	47,4
2515	Psicólogos e psicanalistas	1,9	2,1	12,7	2,3	20,3	2,3	23,5
2234	Farmacêuticos	1,8	2,1	18,6	2,4	34,8	2,7	47,4
2237	Nutricionistas	1,4	1,7	18,7	1,9	34,8	2,1	47,3
2011	Profissionais da biotecnologia	1,4	1,6	18,6	1,9	34,8	2,0	47,3
3242	Técnicos de laboratórios de saúde e bancos de sangue	1,2	1,5	18,6	1,7	34,8	1,8	47,3
	Outros (24)	4,9	5,8	18,4	6,5	34,4	7,1	46,6
	Total	63,3	75,0	18,4	85,0	34,2	92,6	46,2

Fonte: elaboração própria.

O grupo de médicos clínicos é o terceiro maior, com 8,3 mil servidores. A esses profissionais aplicou-se as taxas específicas de cada morbidade, resultando em um crescimento para 9,9 mil em 2030, 11,1 mil em 2040 e 12 mil em 2050. Médicos em especialidades cirúrgicas e médicos em medicina diagnóstica e terapêutica também têm taxas de crescimento estimadas entre 15% e 55% até 2050.

De acordo com o Relatório de Riscos Fiscais da União de 2020, o Ministério da Economia já espera um aumento nos gastos futuros com saúde e uma redução nos gastos com educação. Segundo o Relatório, a transição demográfica tem um efeito positivo sobre a redução da necessidade de gastos com educação na próxima década, com uma queda de R\$ 1,5 bilhão até 2030. Porém, essa diminuição não compensa a pressão crescente sobre os gastos com saúde, com um aumento esperado em R\$ 13,3 bilhões até 2030. Ainda, cabe a ressalva que os valores projetados não incluem os efeitos da emergência em saúde relacionados à COVID-19.

Com o número de matrículas por faixa etária e as projeções da população brasileira do IBGE (2018), calcula-se a variação nas matrículas esperadas para os anos de 2030, 2040 e 2050. Utiliza-se os dados agregados das redes públicas e privadas. Essa taxa expressa a variação na demanda global por educação, que é aplicada à variação na demanda por profissionais da educação do Executivo federal.

De modo geral, os gastos com educação se concentram em crianças e jovens adultos, grupos que tendem a diminuir com o envelhecimento populacional (SANTIAGO, 2014). Como observado na Tabela 1, entre 2020 e 2030 espera-se um declínio de 3,5% na população de 0 a 14 anos, 7,6% na população de 15 a 19 anos e 11,5% entre 20 e 29 anos. Essas faixas etárias correspondem à maioria dos estudantes em idade escolar nos níveis de ensino infantil, médio e superior.

Aplicando as taxas de mudança demográfica à participação de cada faixa etária em cada nível escolar, obtidas do Censo Escolar 2019 e o Censo da Educação

Superior 2019, espera-se uma retração de 4,5% no número de matrículas até 2030. De 56,6 milhões de matrículas em 2019, serão apenas 54,6 milhões em 2030. Até 2040, a diminuição é de 10,5%, e até 2050, 17,2% matrículas a menos que em 2019. As reduções mais expressivas se concentram na demanda por creches, educação profissional e ensino médio.

O ensino superior mostra uma redução de 7,6% se mantidas as taxas atuais de ingresso no ensino superior por faixa etária. Essa queda de demanda pode ser mitigada pelo aumento da participação no ensino superior, que ainda é de 14,6% da população entre 18 e 29 anos. Assim, a Tabela 3 mostra o crescimento para cada subgrupo de ocupações dos profissionais da educação, sem a aplicação das taxas de *benchmark*.

Tabela 3. Projeções de profissionais da educação federais sem *benchmark*.

CBO 2002	TITULO	2019 (mil)	2030 (mil)	%	2040 (mil)	%	2050 (mil)	%
234	Professores do ensino superior	83,0	74,6	-10,1	72,4	-12,7	67,9	-18,1
232	Professores do ensino médio	38,5	35,6	-7,4	34,4	-10,6	31,2	-18,9
331	Professores de nível médio na educação infantil (...) e profissionalizante	3,6	3,3	-9,0	3,1	-12,9	2,9	-18,9
239	Outros profissionais do ensino não classificados anteriormente	3,1	3,0	-3,8	2,8	-10,0	2,6	-17,1
233	Professores e instrutores do ensino profissional	3,0	2,7	-9,5	2,6	-13,1	2,4	-19,0
334	Inspetores de alunos e afins	1,0	0,9	-3,8	0,9	-10,0	0,8	-17,0
231	Professores de nível superior na educação infantil e no ensino fundamental	0,6	0,6	-2,2	0,6	-10,2	0,5	-17,5
332	Professores leigos no ensino fundamental e profissionalizante	0,2	0,2	-9,3	0,2	-13,0	0,2	-19,1
333	Instrutores e professores de escolas livres	0,0	0,0	0,0	0,0	-11,1	0,0	-11,1
	Total	133,0	121,0	-9,0	117,0	-12,0	108,6	-18,4

Fonte: elaboração própria.

As projeções de profissionais da educação obtidas pela análise na variação de matrículas resultam em uma queda, de 133 mil servidores federais em 2019, para 121 mil em 2030, 117 mil em 2040 e 108,6 mil em 2050. Os professores do ensino superior constituem o maior grupo, de 83 mil servidores em 2019, alocados em universidades e institutos federais. Em seguida estão os professores do ensino médio, classificados assim também os professores que atuam no ensino médio integrado ao ensino técnico.

A Tabela 4 apresenta as estimativas de crescimento aplicando-se a proporcionalidade de professores universitários na população verificada no Reino Unido. A fim de projetar o possível aumento na participação no ensino superior, emprega-se os dados da educação no Reino Unido como *benchmark* para o crescimento do ensino superior no Brasil. Em 2020, o Reino Unido possuía 171 mil professores na educação superior atuando em atividades de ensino (HESA, 2021). No Brasil, o total é de 399 mil professores universitários (INEP, 2020b), sendo 83 mil professores do ensino superior federal que atuam em tempo integral (SIAPE, 2017). Deve-se, ainda, considerar a proporcionalidade à população. No Reino Unido, são 66,6 milhões de habitantes, enquanto no Brasil projeta-se 224,5 milhões em 2030, 232 milhões em 2040 e 233 milhões em 2050.

As projeções com *benchmark* supõem que o Brasil alcançaria o patamar educacional superior do Reino Unido atual em 2050. Para isso, seriam necessários 123,9 mil professores federais em 2050, 49,3% a mais que em 2019. Isso representa um aumento anual de 1,35% na quantidade de professores de ensino superior atuando em tempo integral. Caso fosse desejável alcançar esse patamar de ensino já em 2040, a taxa de crescimento anual necessária seria de 2%. Em um horizonte mais próximo, 2030, a taxa de crescimento anual aumentaria para 3,7% professores a mais. Considerando mais factível uma convergência em 30 anos, a tabela apresenta o crescimento no total de trabalhadores da educação. De 133 mil em 2019, seriam

necessários 142,9 mil em 2030, 154,8 mil em 2040 e 164,5 mil em 2050. Assim, seriam 7,5%, 16,4% e 23,7% servidores a mais na educação em cada década.

Tabela 4. Projeções de profissionais da educação federais com *benchmark* Reino Unido.

CBO 2002	TITULO	2019 (mil)	2030 (mil)	%	2040 (mil)	%	2050 (mil)	%
234	Professores do ensino superior	83,0	96,6	16,4	110,3	32,9	123,9	49,3
232	Professores do ensino médio	38,5	35,6	-7,4	34,4	-10,6	31,2	-18,9
331	Professores de nível médio na educação infantil (...) e profissionalizante	3,6	3,3	-9,0	3,1	-12,9	2,9	-18,9
239	Outros profissionais do ensino não classificados anteriormente	3,1	3,0	-3,8	2,8	-10,0	2,6	-17,1
233	Professores e instrutores do ensino profissional	3,0	2,7	-9,5	2,6	-13,1	2,4	-19,0
334	Inspetores de alunos e afins	1,0	0,9	-3,8	0,9	-10,0	0,8	-17,0
231	Professores de nível superior na educação infantil e no ensino fundamental	0,6	0,6	-2,2	0,6	-10,2	0,5	-17,5
332	Professores leigos no ensino fundamental e profissionalizante	0,2	0,2	-9,3	0,2	-13,0	0,2	-19,1
333	Instrutores e professores de escolas livres	0,0	0,0	0,0	0,0	-11,1	0,0	-11,1
Total		133,0	142,9	7,5	154,8	16,4	164,5	23,7

Fonte: elaboração própria.

A diferença entre as projeções com e sem *benchmark* são de 21,9 mil profissionais da educação a mais em 2030, 37,8 mil a mais em 2040, e 55,9 mil em 2050. Assim, trazer melhorias para a educação brasileira, no sentido de se aproximar do patamar de ensino superior do Reino Unido, traria impactos expressivos sobre a quantidade de profissionais da educação necessários na esfera federal.

As projeções com *benchmark* fazem sentido com os esforços do Governo federal sinalizados por meio do Plano Nacional de Educação (PNE), de 2014-2024. Por meio de um plano com 20 metas, busca-se promover a equidade e qualidade da educação nacional, em esforço conjunto com planos estaduais, distrital e municipais

de educação. Em especial, a Meta 12 prevê a expansão na cobertura do ensino superior, o que implica em um aumento no número de profissionais necessários:

**Meta 12:** elevar a taxa bruta de matrícula na educação superior para 50% (cinquenta por cento) e a taxa líquida para 33% (trinta e três por cento) da população de 18 (dezoito) a 24 (vinte e quatro) anos, assegurada a qualidade da oferta e expansão para, pelo menos, 40% (quarenta por cento) das novas matrículas, no segmento público (PNE-INEP, 2014, p.13).

De acordo com o Relatório do 3º Ciclo de monitoramento do PNE de 2020, a meta 12 é acompanhada por meio de três indicadores: i) 12A – Taxa bruta de matrículas na graduação (TBM), com um nível de alcance de 74,8% até 2019; ii) 12B – Taxa líquida de escolarização na educação superior (TLE), em 77,3%; e iii) 12C – Participação do segmento público na expansão das matrículas de graduação, em 31,8%. Até 2019, a participação do setor público nas novas vagas foi de apenas 12,7%, frente a uma meta de 40%, o que implica um esforço extra para aumento das vagas públicas.

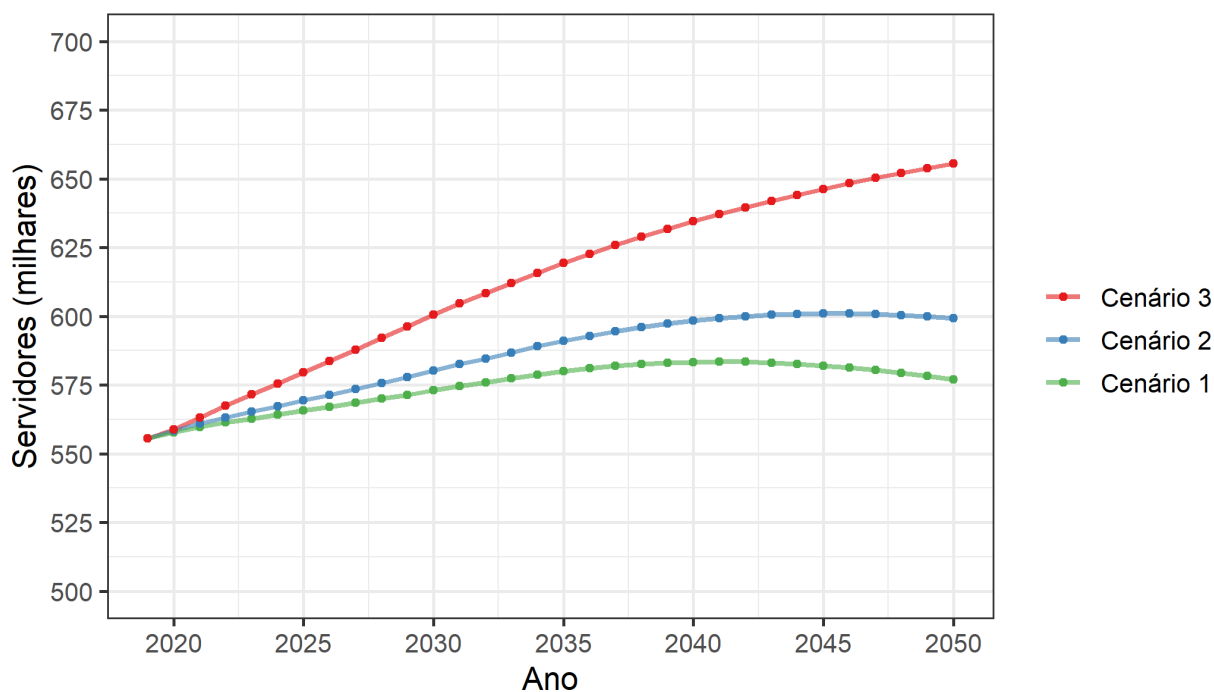
Assim, é razoável supor que esforços adicionais serão feitos para a expansão do ensino superior a fim de cumprir as metas do PNE até seu último ciclo de avaliação, em 2024. A fim de comparar as diferentes trajetórias possíveis na demanda por servidores federais, a seção seguinte apresenta os resultados consolidados de todas as áreas do Executivo, discutindo cenários alternativos da realização de cada parâmetro projetado.

## **2.2 Cenários de demanda de servidores**

A seção discute os resultados gerais considerando as projeções estimadas para profissionais das áreas da saúde, educação e demais servidores públicos. A Figura 1 mostra os diferentes cenários de demanda por servidores no Executivo federal.

A partir das transformações geradas pela transição demográfica, constrói-se projeções em três cenários distintos: o Cenário 1 representa uma contenção no número de servidores, considerando a queda na demanda por educação, sem aumento nos profissionais da saúde; o Cenário 2 mantém a queda na educação, mas incorpora os aumentos necessários para atendimento em saúde; o Cenário 3 considera aumentos em saúde e educação com base na educação do Reino Unido. A Tabela A2 da seção de Apêndices traz as estimativas ano a ano para os principais grupos ocupacionais, enquanto a Tabela A3 detalha os efeitos quantitativos da automação em cada ano, e em cada cenário.

Figura 1. Cenários de demanda por servidores do Executivo federal, 2020-2050.



Fonte: elaboração própria.

Os três cenários partem da situação atual de 555,5 mil servidores civis em tempo integral em 2019. A partir disso, o Cenário 1 prevê um aumento para 573,1 mil em 2030, 583,3 mil em 2040, uma retração para 576,9 mil em 2050. Com um crescimento de apenas 3,85% até 2050, abaixo do crescimento demográfico de 10,8% no período, o Cenário 1 pode ser interpretado como um cenário de



estabilidade no número de servidores. Os efeitos de queda na demanda por educação básica e do crescimento populacional para as demais áreas praticamente se anulam. Esse cenário seria plausível frente a severas restrições orçamentárias e ausência de melhorias na qualidade e cobertura dos serviços públicos de saúde e educação.

O Cenário 2 incorpora a necessidade de aumento no número de profissionais da saúde por efeitos do envelhecimento populacional. Como discutido na seção 4.1, a taxa de crescimento dos gastos indica um crescimento de 18,4% nos profissionais da saúde até 2030, 34,2% até 2040 e 46,2% até 2050. Assim, o Executivo pode ver o número de servidores crescer de 555,5 mil em 2019 para 580,3 mil em 2030, 598,4 mil em 2040 e 599,3 mil em 2050. Isso representa aumentos de 4,5%, 7,7% e 7,9% em relação à 2019. A Tabela 5 apresenta a demanda por servidores detalhando cada ocupação no Cenário 2.

O Cenário 3, por sua vez, considera também melhorias na educação, seguindo as tendências verificadas atualmente no Reino Unido, enquanto mantém a pressão crescente da transição demográfica sobre a demanda por serviços de saúde pública. O cenário pode ser considerado o mais agressivo, com taxas de crescimento elevadas. Projeta-se 600,6 mil servidores em 2030, 634,5 mil em 2040 e 655,5 em 2050. A Tabela 6 apresenta o crescimento nos principais grupos ocupacionais no Cenário 3.

As diferenças entre os cenários são expressivas. Em 2030, o Cenário 1 projeta cerca de 573 mil servidores, enquanto o Cenário 2 prevê 580 mil, e o Cenário 3, 600 mil servidores. Essa diferença entre piso e teto, de 27,5 mil servidores em 2030, se amplia para cerca de 51,2 mil em 2040, e 78,6 mil em 2050. Como todo exercício de projeção, o intervalo torna-se muito amplo no longo prazo. Assim, consideram-se mais factíveis as projeções de horizontes mais próximos a 2019, e trajetórias que se coloquem em meio termo entre os cenários extremos. O mais provável é que, nas

próximas décadas, o crescimento em profissionais da saúde e educação se realize parcialmente.

Tabela 5. Cenário 2: demanda total por servidores com crescimento na saúde.

CBO 2002	TITULO	2019 (mil)	2030 (mil)	%	2040 (mil)	%	2050 (mil)	%
411	Escriturários em geral, agentes, assistentes e auxiliares administrativos	141,0	150,9	7,0	155,7	10,4	156,3	8,6
234	Professores do ensino superior	83,0	74,6	-10,1	72,4	-12,7	67,9	-18,1
232	Professores do ensino médio	38,5	35,6	-7,4	34,4	-10,6	31,2	-18,9
252	Profissionais de organização e administração de empresas e afins	27,8	29,8	7,0	30,7	10,4	30,8	8,6
517	Trabalhadores nos serviços de proteção e segurança	24,8	26,5	7,0	27,4	10,4	27,5	8,6
322	Técnicos da ciência da saúde humana	21,2	25,1	18,6	28,5	34,8	31,2	47,3
111	Membros superiores do poder legislativo, executivo e judiciário	19,7	21,1	7,0	21,7	10,4	21,8	8,6
254	Audidores fiscais públicos	18,1	19,3	7,0	20,0	10,4	20,0	8,6
351	Técnicos das ciências administrativas	13,3	14,3	7,0	14,7	10,4	14,8	8,6
515	Trabalhadores dos serviços de saúde	13,0	15,4	18,6	17,5	34,6	19,1	47,1
223	Profissionais da medicina, saúde e afins	12,4	14,7	18,6	16,7	34,8	18,2	47,3
241	Advogados, procuradores, tabeliães e afins	10,7	11,5	7,0	11,8	10,4	11,9	8,6
212	Profissionais da informática	10,2	10,9	7,0	11,2	10,4	11,3	8,6
352	Técnicos de inspeção, fiscalização e coordenação administrativa	10,0	10,7	7,0	11,1	10,4	11,1	8,6
225	Profissionais da medicina	8,7	10,3	18,4	11,6	33,4	12,6	44,5
	Outros (147)	103,1	109,5	6,2	112,9	9,6	113,4	10,0
	Total	555,5	580,3	4,5	598,4	7,7	599,3	7,9

Fonte: elaboração própria.

Tabela 6. Cenário 3: demanda por servidores com crescimento na saúde e educação.

CBO 2002	TITULO	2019 (mil)	2030 (mil)	%	2040 (mil)	%	2050 (mil)	%
411	Escriturários em geral, agentes, assistentes e auxiliares administrativos	141,0	150,9	7,0	155,7	10,4	156,3	8,6
234	Professores do ensino superior	83,0	96,6	16,4	110,3	32,9	123,9	49,3
232	Professores do ensino médio	38,5	35,6	-7,4	34,4	-10,6	31,2	-18,9
252	Profissionais de organização e administração de empresas e afins	27,8	29,8	7,0	30,7	10,4	30,8	8,6
517	Trabalhadores nos serviços de proteção e segurança	24,8	26,5	7,0	27,4	10,4	27,5	8,6
322	Técnicos da ciência da saúde humana	21,2	25,1	18,6	28,5	34,8	31,2	47,3
111	Membros superiores do poder legislativo, executivo e judiciário	19,7	21,1	7,0	21,7	10,4	21,8	8,6
254	Audidores fiscais públicos	18,1	19,3	7,0	20,0	10,4	20,0	8,6
351	Técnicos das ciências administrativas	13,3	14,3	7,0	14,7	10,4	14,8	8,6
515	Trabalhadores dos serviços de saúde	13,0	15,4	18,6	17,5	34,6	19,1	47,1
223	Profissionais da medicina, saúde e afins	12,4	14,7	18,6	16,7	34,8	18,2	47,3
241	Advogados, procuradores, tabeliães e afins	10,7	11,5	7,0	11,8	10,4	11,9	8,6
212	Profissionais da informática	10,2	10,9	7,0	11,2	10,4	11,3	8,6
352	Técnicos de inspeção, fiscalização e coordenação administrativa	10,0	10,7	7,0	11,1	10,4	11,1	8,6
225	Profissionais da medicina	8,7	10,3	18,4	11,6	33,4	12,6	44,5
	Outros (147)	103,1	109,5	6,2	112,9	9,6	113,4	10,0
	Total	555,5	602,3	8,4	636,2	14,5	655,5	18,0

Fonte: elaboração própria.

Essencialmente, as projeções focaram nos efeitos de transição demográfica e incorporando melhorias na educação. Porém, não pretendem ser exaustivas quanto às forças que podem vir a influenciar a necessidade adicional de servidores no Executivo federal.

O crescimento econômico futuro pode impactar tanto as restrições orçamentárias do governo, quanto o perfil de consumo dos brasileiros. Se elevado, o crescimento pode beneficiar o orçamento com maior arrecadação e possibilidade de aumentos na quantidade de servidores. Também, o crescimento da renda pode melhorar a condição socioeconômica das famílias, que podem demandar menos serviços públicos com a contratação de planos de saúde e escolas privadas, por exemplo.

Na ausência de crescimento econômico, efeitos contrários podem vir a ser observados. De todo modo, não é objetivo aqui exaurir as fontes de pressão sobre a necessidade de servidores. Como sugestão, desdobramentos do presente estudo podem investigar os efeitos que o crescimento econômico gera sobre a demanda por serviços públicos em cenários de envelhecimento populacional.

### **3. ESTIMATIVAS DE AUTOMAÇÃO**

#### **3.1 Revisão da literatura de automação**

Estudos internacionais consideram as tecnologias de automação como uma das principais forças de transformação nos mercados de trabalho ao redor do mundo. Estimam que, nas próximas três décadas, até 47% dos trabalhadores dos Estados Unidos poderão ver seu emprego desaparecer pela introdução de tecnologias de automação (FREY; OSBORNE, 2017; WEF, 2016). O Brasil segue a tendência global, apresentando 45% a 54% dos trabalhadores em ocupações automatizáveis (ALBUQUERQUE *et al.*, 2019; KUBOTA; MACIENTE, 2019; ADAMCZYK, 2021).

Por outro lado, novas e melhores ocupações complementadas por tecnologias de automação deverão surgir como soluções para a necessidade de aumento de produtividade do trabalho, tanto no setor público, quanto no privado. Manyika *et al.* (2017) acredita que a economia mundial precisará de todos trabalhadores

disponíveis para superar as tendências demográficas de envelhecimento. Nesse sentido, o medo de desemprego tecnológico em massa seria infundado, já que o cenário dominante seria o de falta de mão de obra.

Os efeitos do envelhecimento sobre a escassez de trabalhadores já podem ser sentidos em setores dos países desenvolvidos. Eggleston (2021) discute o caso japonês, no qual as casas de repouso para idosos encontram dificuldades para repor funcionários de enfermagem e cuidados pessoais. Uma solução, que conta com incentivos do governo do país, é automatizar parte das tarefas com o uso de robôs, como assistentes pessoais e de monitoramento dos pacientes. Os resultados de Eggleston (2021) mostram que a adoção de robôs aumentou o número de trabalhadores da saúde em contratos flexíveis e temporários, diminuindo, porém, os ganhos salariais.

Acemoglu e Restrepo (2022) encontram evidências de que o envelhecimento impulsiona a automação, especialmente naquelas indústrias que dependem de trabalhadores de meia-idade e que executam trabalhos manuais. A escassez desses trabalhadores favorece a adoção de robôs para suprir essa necessidade. Esse efeito é ainda mais intenso em países que passam por um envelhecimento populacional acelerado (ACEMOGLU; RESTREPO, 2022).

Em geral, a literatura aponta que as ocupações mais suscetíveis à automação são compostas principalmente de tarefas manuais. As tarefas manuais costumam ser rotineiras e repetitivas, que demandam pouca criatividade e conhecimento. Assim, essas tarefas possuem maior possibilidade de serem padronizadas e codificadas em algoritmos (FREY; OSBORNE, 2017). Por outro lado, tarefas de fronteira, intensivas em flexibilidade e improvisação são atribuídas primeiramente aos trabalhadores humanos, já que requerem capacidade de adaptação. Ao longo do tempo, essas tarefas se tornam padronizadas, permitindo a formalização e

codificação que as torna sujeitas a serem desempenhadas por tecnologias de automação (AUTOR, 2013).

No setor público, a automação também apresenta desafios e oportunidades de crescimento de produtividade. Adamczyk, Monasterio e Fochezatto (2021) propõe o método Bartik Occupational Tasks (BOT), que estima a propensão à automação a partir de técnicas de *Machine Learning* e *Natural Language Processing*. Adamczyk, Monasterio e Fochezatto (2021) analisam por meio do BOT as tarefas desempenhadas por 521 mil servidores do Poder Executivo Federal brasileiro, encontrando que cerca de 20% do total de servidores encontram-se em ocupações com elevado potencial de automação.

Segundo Adamczyk, Monasterio e Fochezatto (2021), as ocupações de mais alta propensão à automação são ocupações técnicas de sistemas audiovisuais e gráfica, e servidores da construção civil, como armadores, pedreiros, pintores e carpinteiros. Em geral, essas ocupações possuem baixa escolaridade e remuneração abaixo da média, como mostram outros estudos para o setor privado (ARNTZ *et al.*, 2016; FREY; OSBORNE, 2017, ALBUQUERQUE *et al.*, 2019).

Um desafio que acompanha o envelhecimento da população brasileira é a perda de servidores por motivos de aposentadoria. Adamczyk (2020b) estima que metade dos servidores do Executivo federal poderão se aposentar entre os anos de 2030 e 2035. Em 2030, 58 mil se aposentarão compulsoriamente, 175 mil cumprirão os requisitos mínimos para se aposentar e 288 mil tenderão permanecer em atividade.

A introdução de tecnologias de automação pode preencher parte do déficit esperado pela saída de servidores do setor público (ADAMCZYK, 2020b)<sup>2</sup>. Dos 288 mil servidores em atividade em 2017, 51 mil poderão ser realocados por automação

---

<sup>2</sup> A pesquisa de Adamczyk (2020b) é um esforço pioneiro da Enap em propor a análise dos efeitos da automação sobre o setor público brasileiro, que gerou como desdobramento o presente relatório. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/6313>.

de grande parte das tarefas de suas ocupações. Dos 233 mil que aptos à aposentadoria, 54 mil poderiam ser substituídos por tecnologias de automação, deixando 179 mil cargos vagos com necessidade de reposição.

Supondo que seja possível a perfeita mobilidade entre os cargos por meio de retreinamento, dos 179 mil cargos vagos, 51 mil poderiam ser preenchidos pela realocação de servidores em atividades de alta propensão à automação, restando um déficit de 128 mil servidores não automatizáveis. A perfeita mobilidade é uma suposição irreal, dada a regulamentação de desvio de função e formação dos servidores atuais. Desconsidera-se também a saída de servidores por outros motivos além da aposentadoria, como atração pelo setor privado, pedidos de afastamento temporário ou definitivo. Além disso, assumem a pronta e efetiva implementação de tecnologias de automação, sem analisar seus custos e viabilidade técnica. Assim, a necessidade de reposição no Executivo federal pode ser ainda maior que o projetado.

Dessa forma, apresenta-se a metodologia usada para estimar a necessidade futura de servidores públicos considerando os efeitos da transição demográfica. Posteriormente, serão analisadas as oportunidades que tecnologias de automação podem oferecer para enfrentar os desafios de escassez na crescente demanda por trabalhadores.

### **3.2 Metodologia de previsão de automação**

A fim de realizar a identificação de ocupações automatizáveis no futuro, esta pesquisa constrói uma nova versão do método *Bartik Occupational Tasks* (BOT), desenvolvido em Adamczyk (2020) e Adamczyk, Monasterio e Fochezatto (2021). Na nova versão, a atribuição de um escore de propensão à automação é feita também ao nível de tarefas, e não apenas ao nível de ocupações.

### 3.1.1. *Bartik Occupational Tasks 1.0*

A construção do BOT segue os mesmos procedimentos anteriores, empregando algoritmos de *Natural Language Processing* (NLP) e de *Machine Learning* para sintetizar e extrair informações quantitativas a partir dos textos que listam as tarefas envolvidas em cada uma das 2.627 ocupações da CBO.

A maior parte dos estudos de automação levam em consideração uma classificação subjetiva de quais ocupações devem ser automatizadas em um futuro próximo (FREY; OSBORNE, 2017). Tais estudos pedem para que especialistas das áreas da tecnologia façam a indicação *ad hoc* de quais ocupações tendem a ser automatizadas. Essas classificações são usadas então para o treino de modelos que generalizam os resultados para demais tarefas e ocupações.

O método BOT busca fugir da classificação manual indicar quais ocupações são mais propensas à automação a partir de uma adaptação dos métodos de variáveis instrumentais de Bartik (1991) e Blanchard e Katz (1992). A análise, chamada de *shift-share* ocupacional, separa os efeitos de crescimento nacional e setorial dos efeitos de crescimento endógeno do emprego em cada ocupação. Entende-se que o crescimento endógeno deriva de mudanças tecnológicas que alteram a demanda por determinada ocupação.

No Brasil, isso é feito usando a mudança de emprego dos trabalhadores do setor privado do Estado de São Paulo, entre 2010 e 2018. Considera-se São Paulo como a fronteira tecnológica brasileira por: i) possuir segunda maior renda média entre os estados (IBGE, 2019); ii) atuar como *hub* de contato internacional com elevado número de empresas multinacionais e do setor de tecnologia, ao concentrar 69,5% do total investido pelos estados brasileiros em pesquisa e desenvolvimento (INVESTESP, 2020); e iii) ter 42,9% do total de trabalhadores das áreas de hardware, software, serviços, nuvem e produção de tecnologia da informação (VALOR, 2018).



Essa sinalização do mercado de trabalho sobre a mudança tecnológica no emprego de cada ocupação é condicionada às tarefas de cada ocupação. Para isso, as descrições das tarefas da Matriz de Atividades da CBO são submetidas à análise de texto *Term Frequency–Inverse Document Frequency* (TF-IDF). A análise TF-IDF oferece uma ponderação que permite descontar a importância de termos que são comuns às tarefas de outras ocupações, colocando maior ênfase nas tarefas únicas que as diferenciam.

Por meio de um algoritmo de *Random Forest Regression*, o BOT une os resultados do método *shift-share* ocupacional aos pesos dos termos que aumentam ou diminuem a propensão à automação. O modelo é então usado para encontrar o impacto da automação sobre as ocupações do Executivo federal. A construção do BOT é descrita em detalhes em Adamczyk (2020).

### 3.1.2 *Bartik Occupational Tasks 2.0*

Uma modificação foi introduzida ao método BOT para permitir a classificação de cada tarefa como automatizável. A extensão faz com que o método, após treinado com o TF-IDF e o efeito diferencial das ocupações, realize a predição individual de cada uma das 20.003 tarefas de acordo com a importância de cada termo, enquanto a formulação anterior retornava apenas o escore de automação a nível de ocupação. A Tabela 7 apresenta os parâmetros e estatísticas descritivas dos resultados do *Random Forest Regression* (RFR).

Ao todo, trabalha-se com 2543 ocupações compostas por 2402 termos únicos com seus respectivos pesos obtidos do TF-IDF. A variável dependente é o logaritmo do efeito diferencial das ocupações no Estado de São Paulo, que indica quais grupos de ocupações são mais ou menos propensas à automação. O conjunto de ocupações é subdividido em treino (70%) e teste (30%), a fim de servir como verificação da capacidade preditiva do modelo. Em comparação com outros modelos testados, o

algoritmo *Random Forest Regression* mostrou uma capacidade preditiva superior, com um  $R^2$  médio de 92% e os menores MSE e RMSE.

Tabela 7. Especificação e resultados do modelo BOT – *Random Forest Regression*.

Especificação	Valor
var. dependente	<i>log do efeito diferencial</i>
var. independentes	2402 termos
núm. observações	2543 ocupações
Split da amostra	
<i>treinamento</i>	0,70
<i>teste</i>	0,30
<i>type</i>	<i>regression</i>
<i>ntree</i>	500
<i>mtry</i>	800
<i>Random Forest</i>	
<i>R<sup>2</sup> (mean)</i>	0,92
<i>R<sup>2</sup> (sd)</i>	0,01
<i>MSE (mean)</i>	0,0006
<i>MSE (sd)</i>	0,0000
<i>RMSE (mean)</i>	0,0236
<i>RMSE (sd)</i>	0,0013

Nota: a amostra foi dividida em conjunto de treinamento (interno) e conjunto de testes (predição). *ntree* é o número de árvores *default* da função enquanto *mtry* é o número de subamostras aleatórias automáticas. Menores valores *Mean Squared Error* (MSE) e *Root Mean Squared Error* (RMSE) indicam um melhor ajuste do modelo. O modelo foi estimado com a função de mesmo nome do pacote *randomForest* v.4.6-14 no R.

Fonte: elaboração própria.

Após o treino do modelo BOT, realiza-se a predição da contribuição de cada tarefa das ocupações para o escore de automação. A Tabela 8 apresenta as atividades com maior propensão à automação, enquanto a Tabela 9 traz as atividades com menor propensão a automação.

Por meio da Tabela 8 é possível notar que as atividades que receberam maior escore de propensão à automação são aquelas relacionadas à preparação de máquinas, equipamentos e local de trabalho para a produção. Essas tarefas

costumam ser repetitivas, em ambiente estruturado e que exigem pouca inovação nos processos. Assim, o caráter rotineiro das atividades está presente em sua propensão à automação.

Tabela 8. Atividades com maior propensão à automação.

Nome da atividade	Frequência	Escore de Automação
Preparar local de trabalho	41	0,998
Montar equipamentos de áudio e acessórios	10	0,994
Preparar máquinas para produção	10	0,993
Preparar máquinas e equipamentos	13	0,989
Preparar máquinas e moldes	10	0,987
Preparar máquinas, equipamentos e insumos de conformação (...)	10	0,985
Preparar máquinas, equipamentos e materiais	10	0,977
Preparar solo para plantio	21	0,976
Operar máquina de fiação	10	0,973
Preparar solo	20	0,971
Preparar fornos para operação	15	0,969
Ajustar máquinas para impressão	10	0,959
Preparar relatórios, formulários e planilhas	11	0,949
Patrulhar (monitorar) máquinas	10	0,944
Preparar local de trabalho	41	0,998
Montar equipamentos de áudio e acessórios	10	0,994

Nota: exhibe-se apenas as tarefas que estão presentes em 10 ou mais ocupações.

Fonte: elaboração própria.

Tabela 9. Atividades com menor propensão à automação.

Nome da atividade	Frequência	Escore de Automação
Finalizar produtos artesanais	12	0,001
Preparar matéria prima	12	0,003
Gerenciar operações	10	0,010
Gerenciar tripulação	10	0,011
Gerenciar pessoas	19	0,013
Coordenar programas e serviços em saúde	33	0,018
Coordenar serviços de enfermagem e/ou perfusão	10	0,023
Coordenar serviços de saúde	11	0,025
Coordenar atividades de negócios e relacionamentos	10	0,026
Gerenciar material de bordo	10	0,029
Exercer atividades acadêmico-administrativas	10	0,032
Coordenar empreendimentos elétricos, eletrônicos e telecomunicações	13	0,037
Gerenciar obras civis	15	0,038
Coordenar equipes e atividades	11	0,039
Coordenar operação e manutenção do empreendimento	15	0,040

Nota: exhibe-se apenas as tarefas que estão presentes em 10 ou mais ocupações.

Fonte: elaboração própria.

A Tabela 9 mostra que as atividades com menor propensão à automação são aquelas voltadas para o gerenciamento e coordenação de pessoas, seja nas áreas de operação, saúde ou negócios. Ainda, atividades acadêmico-administrativas estão entre aquelas que mostram menor possibilidade de automação.

Na etapa de estimação da propensão à automação optou-se pela remoção das atividades denominadas “Demonstrar competências pessoais”. Essa tarefa está presente em todas as ocupações, então falha em sinalizar ao algoritmo as diferenças entre ocupações. Além disso, por ser penalizada pelo TF-IDF como uma tarefa muito comum, também impacta os pesos atribuídos a qualquer atividade que contenha o termo “pessoas”, que muitas vezes pode ser relevante para caracterizar uma atividade.

A partir do escore de automação de cada tarefa, calcula-se a fração do trabalho que cada trabalhador desempenha em tarefas automatizáveis. Apesar de impreciso, outros estudos fazem considerações semelhantes sobre a equivalência do percentual de tarefas com o tempo gasto pelo trabalhador em cada tarefa. Gonzaga e Guanzioli (2019) consideram, por exemplo, o caso da profissão de Economista que possui sete de dez tarefas classificadas como “analíticas”, portando assumem que o profissional passa 70% do tempo desempenhando tarefas analíticas.

No caso, vamos além ao dizer que, se 50% do tempo do profissional é usado em tarefas automatizáveis, dois profissionais poderiam ser substituídos no futuro por apenas um desempenhando as tarefas não automatizáveis. Possivelmente, essa ocupação poderá mudar de nomenclatura ou definição se perder as principais tarefas que a caracterizam, incorporando diferentes atividades.

Utiliza-se dois pontos de corte distintos para classificar as tarefas como automatizáveis: i) ritmo baixo (moderado) de automação: tarefas com escore acima de 0,75 são consideradas automatizáveis; e ii) ritmo alto (acelerado) de automação: tarefas com escore acima de 0,50 são consideradas automatizáveis.

O percentual de tarefas automatizáveis dentro de cada ocupação é chamada de AutoRatio. Ao final, o AutoRatio mostrará o percentual de trabalhadores de 2019 que permanecerão em suas funções até 2050. Para encontrar os efeitos sobre o emprego na ocupação, multiplica-se o AutoRatio pelo emprego em 2019:

$$Emprego_{ocup,t+1} = AutoRatio_{ocup} * Emprego_{ocup,t}$$

A partir da Tabela 10 pode-se visualizar que as tarefas recebem diferentes classificações de automação de acordo com o nível escolhido. Em baixa automação, a tarefa de “preencher documentos” não é considerada automatizada, mas passa a ser com o critério de alta automação. As tarefas de “preparar relatórios, formulários e planilhas” e “tratar documentos” são automatizáveis em ambos os níveis. As demais tarefas não são automatizadas em nenhuma circunstância. Assim, em um cenário de baixa automação, 2 de 8 tarefas (25%) são automatizadas, enquanto 3 de 8 (37,5%) são automatizadas em alta automação.

Tabela 10. Exemplo de ocupação em dois níveis de automação

CBO 2002	TITULO	Predição Automação	Nome da atividade	Auto Ratio (baixa)	Auto Ratio (alta)
411010	Assistente administrativo			0,750	0,625
		0,949	Preparar relatórios, formulários e planilhas	0	0
		0,755	Tratar documentos	0	0
		0,686	Preencher documentos	1	0
		0,444	Executar rotinas (...) na área de recursos humanos	1	1
		0,356	Prestar apoio logístico	1	1
		0,323	Acompanhar processos administrativos	1	1
		0,256	Prospectar clientes/doadores	1	1
		0,210	Atender clientes e/ou fornecedores e/ou doadores	1	1

Nota: 1 permanece após automação; 0 desaparece após automação.

Fonte: elaboração própria.

Mostra-se ainda, na Tabela 11, as tarefas automatizáveis e não automatizáveis mais frequentes nas ocupações:

Tabela 11. Frequências das tarefas automatizáveis nas ocupações– baixa automação.

a) Tarefas automatizáveis		b) Tarefas não automatizáveis	
Nome da atividade	Frequência	Nome da atividade	Frequência
Trabalhar com segurança	415	Comunicar-se	583
Planejar o trabalho	52	Elaborar documentação técnica	96
Organizar local de trabalho	35	Difundir conhecimentos médicos	63
Preparar local de trabalho	29	Realizar consulta e atendimento médico	63
Trabalhar com biossegurança	29	Elaborar documentos médicos	62
Organizar o local de trabalho	21	Implementar ações para promoção da saúde	43
Preparar solo para plantio	21	Implementar ações de promoção da saúde	34
Organizar ambiente de trabalho	20	Tratar pacientes e clientes	34
Preparar solo	20	Coordenar programas e serviços em saúde	33
Administrar local e condições de trabalho	19	Efetuar perícias, auditorias e sindicâncias médicas	33
Preparar pacientes	19	Orientar alunos	32
Comercializar produção	17	Atender clientes	29
Controlar qualidade dos produtos	17	Redigir documentos	29
Cumprir normas de segurança pessoal e ambiental	17	Administrar pessoal	24
Organizar o trabalho	17	Elaborar documentos	21
Outras (939)	3678	Outras (3.209)	12.074

Fonte: elaboração própria.

Ocupações em que não foi possível calcular um AutoRatio, pela falta de informações sobre as atividades no Perfil Ocupacional da CBO, receberam a pontuação de automação da ocupação mais próxima estimada. Esse procedimento foi realizado por autocompleção “up/down” no R, tendo sido aplicado à 50 ocupações que receberam os pesos da ocupação com CBO mais próximo.

### 3.2 Tarefas e ocupações automatizáveis

Na Tabela 12 pode-se visualizar as ocupações ordenadas de forma decrescente a partir da mais propensa à automação. Já a Tabela 13 traz as ocupações ordenadas de forma crescente, a partir da menor propensão à automação.

Tabela 12. Ocupações mais automatizáveis – AutoRatio

CBO 2002	TITULO	Auto Ratio	Trabalhadores em 2019	Após automação
723205	Decapador	0,143	1	0
723215	Galvanizador	0,143	1	0
763125	Ajudante de confecção	0,143	75	11
773325	Operador de máquina de usinagem madeira, em geral	0,143	12	2
374305	Operador de projetor cinematográfico	0,167	2	0
724315	Soldador	0,167	60	10
766405	Laboratorista fotográfico	0,167	2	0
766420	Auxiliar de radiologia (revelação fotográfica)	0,167	598	100
372105	Diretor de fotografia	0,200	10	2
372110	Iluminador (televisão)	0,200	3	1
372115	Operador de câmera de televisão	0,200	64	13
641010	Operador de máquinas de beneficiamento de produtos agrícolas	0,200	173	35
763210	Costureiro na confecção em série	0,200	17	3
763215	Costureiro, à máquina na confecção em série	0,200	2	0
766150	Operador de processo de tratamento de imagem	0,200	1	0

Fonte: elaboração própria.

Tabela 13. Ocupações menos automatizáveis – AutoRatio

CBO 2002	TITULO	Auto Ratio	Trabalhadores em 2019	Após automação
791145	Artesão trançador	1,000	1	1
203305	Pesquisador de clínica médica	1,000	42	42
203310	Pesquisador de medicina básica	1,000	2	2
203315	Pesquisador em medicina veterinária	1,000	2	2
203320	Pesquisador em saúde coletiva	1,000	1052	1052
203005	Pesquisador em biologia ambiental	1,000	35	35
203010	Pesquisador em biologia animal	1,000	3	3
203015	Pesquisador em biologia de microorganismos e parasitas	1,000	31	31
203020	Pesquisador em biologia humana	1,000	3	3
203025	Pesquisador em biologia vegetal	1,000	9	9
203505	Pesquisador em ciências sociais e humanas	1,000	50	50
203510	Pesquisador em economia	1,000	1	1
203515	Pesquisador em ciências da educação	1,000	254	254
203520	Pesquisador em história	1,000	56	56
203525	Pesquisador em psicologia	1,000	3	3

Fonte: elaboração própria.

Dentre as ocupações com maior propensão à automação observa-se a predominância de trabalhadores manuais, como decapadores, galvanizadores e ajudantes de confecção. Em geral, essas ocupações também refletem os técnicos de sistemas audiovisuais e gráfica, e servidores da construção civil, como armador, pedreiro, pintor e carpinteiro.

Adamczyk (2020) mostra que as ocupações em alta propensão à automação são, em geral, ocupações de baixa escolaridade e todas com remuneração abaixo da média de R\$ 9.913 do Executivo federal. A tendência está em linha com a conclusão de outras pesquisas que consideram um maior impacto da automação sobre as profissões de menor qualificação e menor nível salarial (ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016; FREY; OSBORNE, 2017, ALBUQUERQUE et al., 2019).

Verifica-se que dentre as ocupações com menor propensão à automação estão os profissionais de alta escolaridade e elevada remuneração, como pesquisadores de áreas diversas, perito criminal, gerência de serviços de saúde e psicólogo clínico.

As atividades mais comuns entre os pesquisadores são as que envolvem desenvolvimento de novos materiais, produtos, processos e métodos, conforme descrição da CBO 2002. Além disso, há atividades de identificação de oportunidades, execução de projetos de pesquisa e prestação de consultoria técnica. Essas atividades estão na fronteira do conhecimento e longe de possibilitarem uma padronização em seus processos, dada a elevada complexidade das tarefas e necessidade de elementos de criatividade e inovação para que sejam executados. Atividades de disseminação de conhecimento também são centrais às atividades de pesquisadores, ao orientar trabalhos de pesquisa, coordenar seminários, congressos e cursos em geral para capacitar equipes e futuros pesquisadores.

Ainda, entre as ocupações com menor propensão à automação estão os profissionais do conhecimento relacionados às ciências sociais e da saúde, como economistas, sociólogos, geógrafos, biólogos, psicólogos e antropólogos.



Profissionais de engenharia, gestão e comunicação como gerentes de produção e de serviços de saúde, relações públicas, publicitários e redatores.

Essas ocupações desempenham atividades centrais para o desenvolvimento das próprias tecnologias de automação, que ao ganharem espaço e importância no mercado de trabalho, demandarão mais esforços e investimentos para a continuidade da sua evolução e disseminação pela sociedade. Em geral, ocupações que requerem mais inteligência social e inteligência criativa são menos propensas à automação (ADAMCZYK *et al.*, 2019).

As projeções de automação foram feitas de maneira estática, considerando a fronteira de 2050. Porém, como as ocupações não são automatizadas imediatamente, empregou-se um modelo de adoção de tecnologia conhecido como *Bass Diffusion Model* (BASS, 2004; SULTAN; FARLEY; LEHMANN, 1996; MEADE; ISLAM, 2006; MANYIKA *et al.*, 2017).

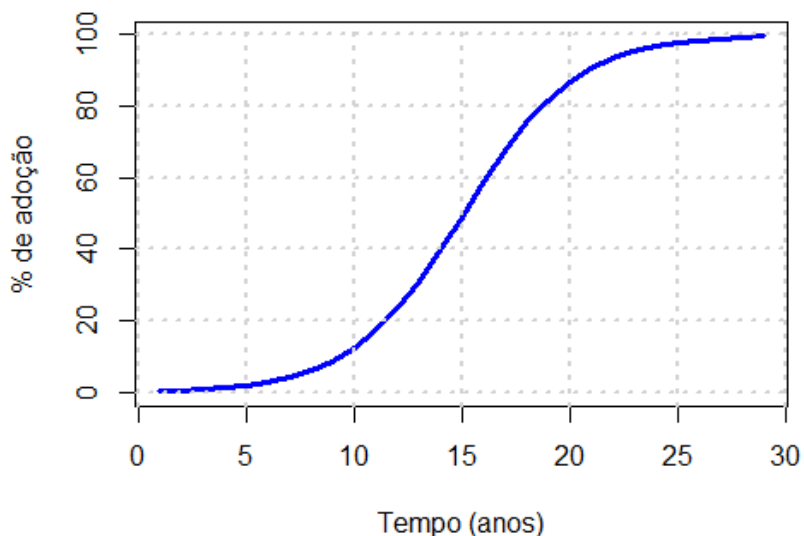
Modelos de difusão de tecnologia têm sido usados em pesquisas de marketing e investigações da velocidade de adoção de novos produtos e tecnologias. Manyika *et al.* (2017) aplicaram o modelo considerando as taxas de adoção de 25 tecnologias inovadoras de *hardware*, *software* e nuvem, gerando diferentes linhas temporais para o avanço da automação. A função de difusão pode ser definida como:

$$\frac{f(t)}{1 - F(t)} = p + qF(t)$$

em que  $p$  e  $q$  são parâmetros importantes para definir o formato das curvas de adoção de tecnologia.  $p$  denota o ritmo de inovação tecnológica e  $q$  incorpora o ritmo de imitação por outros usuários das tecnologias. Esses valores variam entre os estudos revisados, adotando-se por suposição um ritmo de crescimento em que 50% da automação é adotada em 50% do período em estudo, ou seja, em 15 anos. Assim os parâmetros escolhidos foram  $p = 0.001$  e  $q = 0.38$ .

A função de difusão de automação considera que existe um papel para a inovação dentro do próprio setor público (parâmetro  $p = 0.001$ ) e um elemento de imitação de tecnologias já existentes em outros setores (parâmetro  $q = 0.38$ ). A Figura 2 representa a curva de difusão de automação adotada.

Figura 2. Ritmo de adoção de automação - *Bass diffusion cumulative function*.



Fonte: elaboração própria.

Ao alterar esses parâmetros, seria possível simular diferentes ritmos de adoção de automação, dando origem a novos cenários. Considerando que o presente estudo já flexiona as simulações em 3 cenários com 3 níveis de automação, adota-se parâmetros fixos para os exercícios, que podem ser flexionados em estudos futuros.

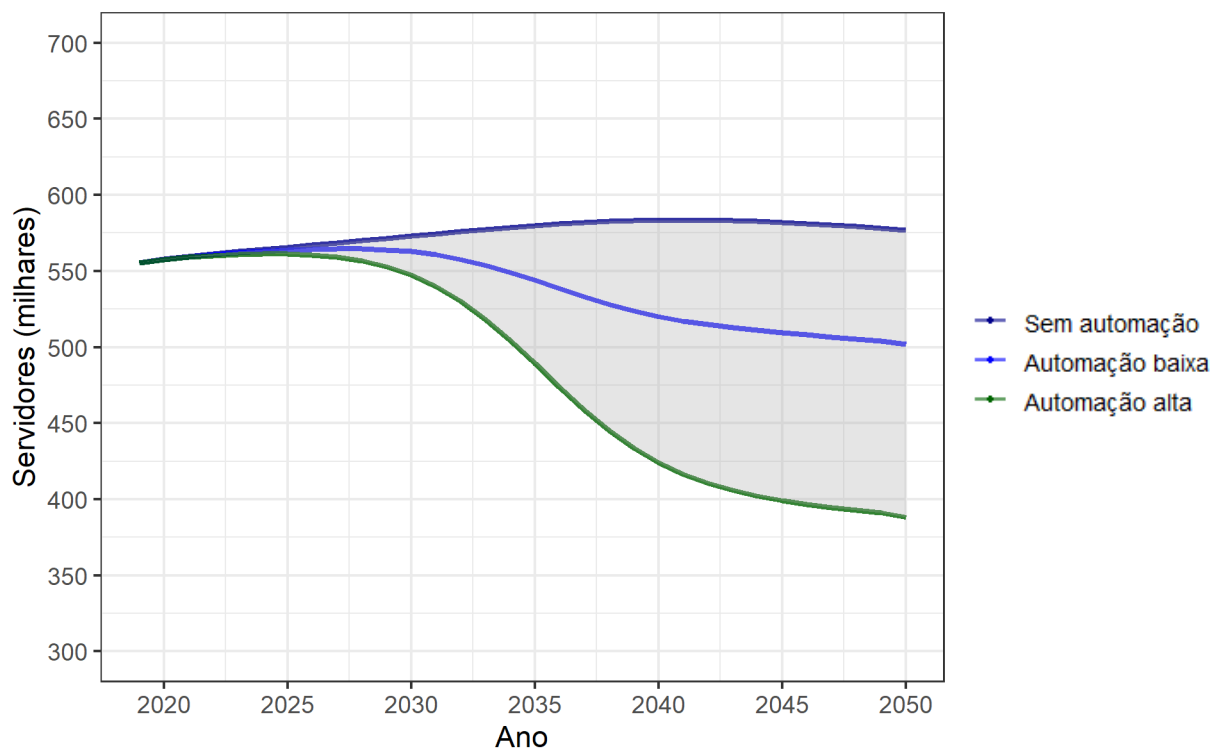
#### **4. AUTOMAÇÃO NOS CENÁRIOS DE DEMANDA DE SERVIDORES**

O progressivo envelhecimento da sociedade brasileira, aliado ao desejo de aumento na qualidade e cobertura da educação superior, implicam em um aumento na quantidade de servidores necessários para a oferta de serviços públicos. A partir das projeções construídas nas seções anteriores, investiga-se o potencial efeito das tecnologias de automação para substituição de parte dessa mão de obra.

Para isso, são feitas projeções de três ritmos de automação em cada um dos cenários de crescimento de servidores, totalizando nove combinações. O ritmo de adoção das tecnologias de automação divide-se em três: um cenário sem automação; com baixa adoção de automação; e com alta adoção de automação. A Figura 3 mostra o Cenário 1, que considera apenas a transição demográfica como fator que influencia a estabilidade no total de servidores necessários até 2050.

No Cenário 1, a quantidade de servidores necessários é ajustada de acordo com a mudança demográfica, que cresce em 7% até 2030, 10,4% até 2040 e 10,8% até 2050. Porém, com uma queda na população mais jovem, observa-se um decréscimo na necessidade de profissionais do ensino. Dessa forma, sem automação a necessidade de servidores chegaria a 573 mil em 2030, 583 mil em 2040 e 577 mil em 2050.

Figura 3. Cenário 1 com diferentes ritmos de automação, 2020-2050.



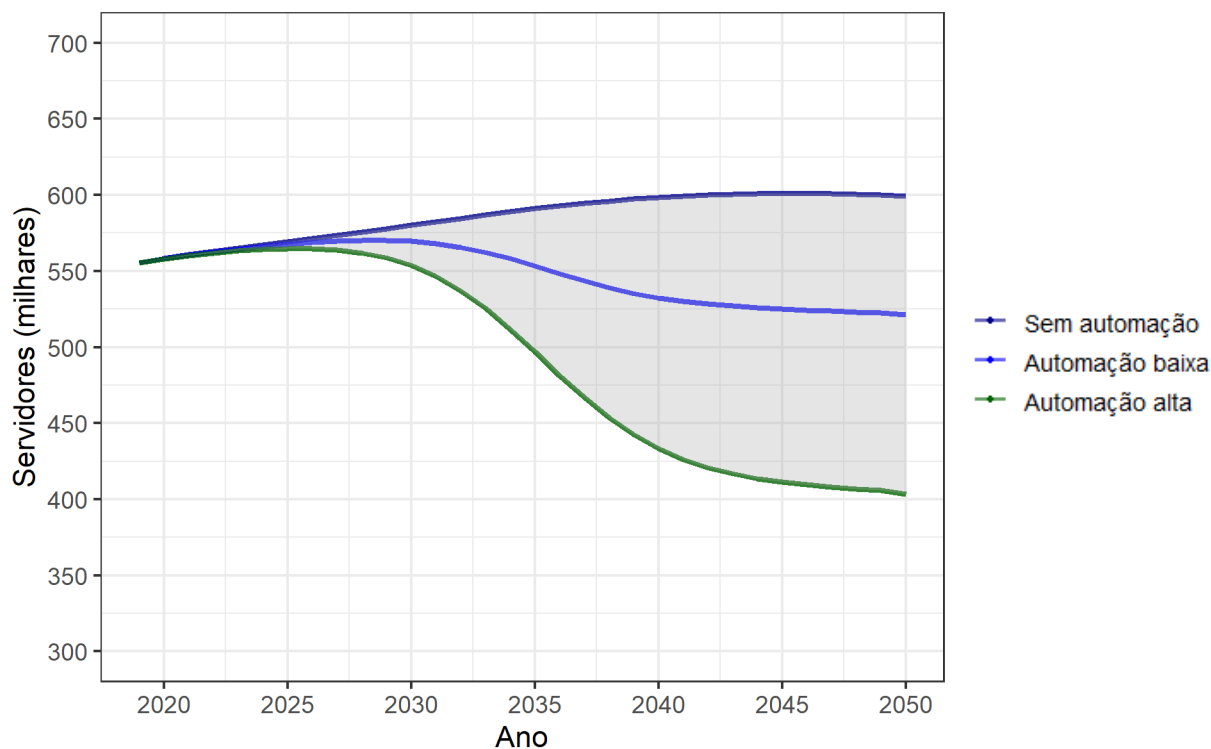
Fonte: elaboração própria.

Em um ritmo de automação baixa, observa-se ganhos de produtividade que permitem a redução no número de servidores, restando a necessidade de 546 mil servidores em 2030, 507 mil servidores em 2040 e 502 mil servidores em 2050. Supondo um ritmo de automação alto, a necessidade de servidores poderia se reduzir ainda mais, para 527 mil em 2030, 404 mil em 2040 e 388 mil em 2050.

A Figura 4 mostra o Cenário 2, no qual supõe-se que, além do crescimento demográfico, o progressivo envelhecimento da população demandará um aumento no número de profissionais da área da saúde. Assim, sem automação os servidores cresceriam para 580 mil em 2030, 598 mil em 2040 e 599 mil até 2050.

A automação pode gerar ganhos de produtividade, no qual o ritmo de automação baixa prevê 550 mil servidores em 2030, 524 mil em 2040 e 521 mil em 2050. Em ritmo de automação alta, são necessários 530 mil servidores em 2030, 418 mil em 2040 e 404 mil em 2050.

Figura 4. Cenário 2 com diferentes ritmos de automação, 2020-2050.

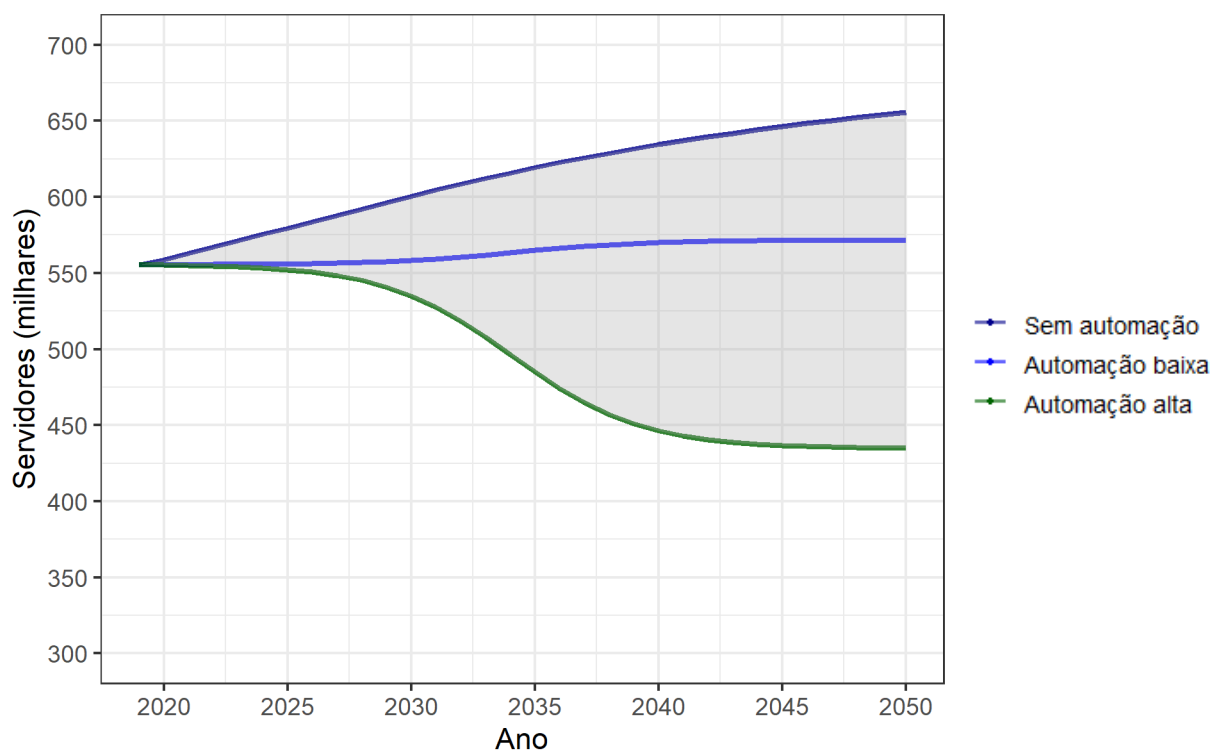


Fonte: elaboração própria.

Já a Figura 5 apresenta o Cenário 3, no qual considera-se um aumento no atendimento à saúde por pressões demográficas e, também, o crescimento nos profissionais da área da educação para atender ao *benchmark* de educação do Reino Unido. O número total de servidores cresce para 601 mil em 2030, 634 mil em 2040 e 656 mil em 2050.

Com a introdução da automação baixa, considera-se que serão necessários 588 mil servidores em 2030, 570 mil em 2040 e 572 mil em 2050. Ou seja, é possível um cenário de estabilidade no número de servidores com considerável ganho de produtividade. Em um cenário acelerado de automação alta, são 535 mil servidores em 2030, 446 mil em 2040 e 435 mil em 2050.

Figura 5. Cenário 3 com diferentes ritmos de automação, 2020-2050.



Fonte: elaboração própria.

A fim de resumir os resultados, a Tabela 14 mostra um comparativo dos cenários e o efeito da automação sobre a quantidade de servidores nos anos de 2030, 2040 e 2050.

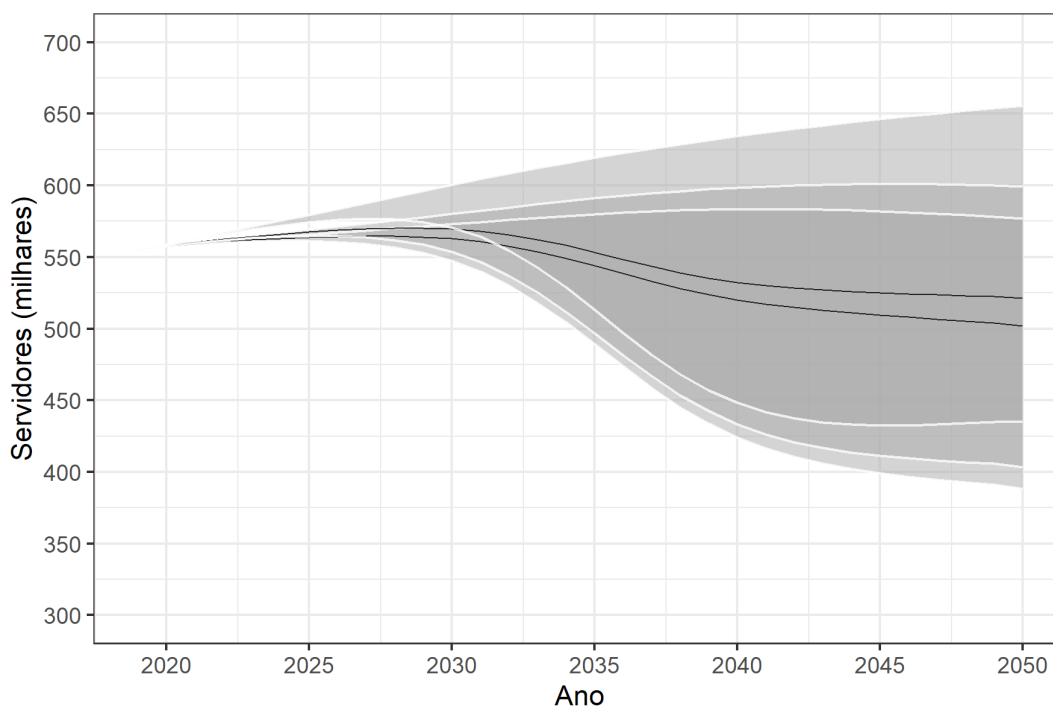
Tabela 14. Resumo dos cenários com o avanço da automação.

	Cenário 1			Cenário 2			Cenário 3		
	2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Sem automação	573	583	577	580	598	599	601	634	656
$\Delta$ Servidores	3,2%	5,0%	4,0%	4,5%	7,7%	7,9%	8,3%	14,2%	18,2%
Baixa Automação	563	520	502	570	532	521	589	564	572
$\Delta$ Servidores	1,4%	-6,3%	-9,5%	2,7%	-4,1%	-6,1%	6,1%	1,6%	3,1%
Alta Automação	547	424	388	554	433	404	571	448	435
$\Delta$ Servidores	-1,4%	-23,6%	-30,1%	-0,2%	-22,0%	-27,2%	2,9%	-19,3%	-21,6%

Fonte: elaboração própria.

Já a Figura 6 mostra a sobreposição dos três cenários e as diferentes trajetórias de automação. Por meio dessa sobreposição é possível ver quais intervalos de projeções são consideradas como mais frequentes, podendo-se tratar tais intervalos como os mais prováveis no longo prazo.

Figura 6. Sobreposição de cenários de automação, 2020-2050.



Fonte: elaboração própria.

A região destacada como a mais escura tem uma amplitude de 142 mil servidores em 2050, considerando um mínimo de 435 mil e um máximo de 577 mil servidores. Considera-se essa região como o intervalo mais provável de resultado da interação entre o crescimento no número de servidores e a crescente implementação de automação. Ao centro dessa região, estão duas linhas em preto, dentro das quais pode-se considerar um ponto médio de 512 mil servidores em 2050.

Em uma leitura intuitiva dos resultados, o uso de tecnologias de automação permitiria que os mesmos serviços públicos, prestados em 2019, poderiam ser supridos por apenas 502 mil servidores em 2050. Isso representa oportunidades progressivas para melhorias de qualidade e ampliação da oferta de políticas públicas ao empregar servidores adicionais.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O relatório de pesquisa construiu projeções para a necessidade de servidores no Executivo federal do Brasil nas próximas três décadas, considerando-se a incorporação de cenários de automação. Para isso, analisou-se os efeitos do envelhecimento populacional sobre a demanda por serviços públicos. Construiu-se três cenários simulando mudanças na cobertura e qualidade dos serviços de saúde e educação.

Por meio de uma modificação no método *Bartik Occupational Tasks* proposto em Adamczyk (2020), classificou-se as tarefas de acordo com a possibilidade de automação, projetando-se o número de trabalhadores necessários após o ganho de produtividade nessas tarefas. A aplicação do método trouxe resultados consistentes com as tendências de automação apontadas em estudos realizados para os Estados Unidos e demais países da OCDE (FREY; OSBORNE, 2017, ARNTZ; GREGORY; ZIERAHN, 2016), com a vantagem de se basear exclusivamente em dados do

mercado de trabalho, sem o uso de classificações subjetivas, *surveys* ou denominações *ad hoc*.

Até 2050, o Cenário 1 projetou a necessidade de cerca de 577 mil servidores, enquanto o Cenário 2 previu 599 mil, e o Cenário 3, aproximadamente 655 mil servidores. Em relação aos servidores de 2019, representa um aumento da ordem de 4% no Cenário 1, 8% no Cenário 2, e 18% no Cenário 3. O primeiro cenário é o mais conservador, considerando estabilidade no número de profissionais; o segundo incorporou o efeito do envelhecimento sobre a demanda por saúde, e o terceiro adicionou uma mudança no perfil da educação brasileira, ao se aproximar do ensino superior de países desenvolvidos.

Para a construção dos cenários adotou-se hipóteses de ausência de crescimento econômico e estabilidade no perfil de gastos com saúde e educação. No longo prazo, o perfil de gastos pode se alterar devido a aumentos na renda e mudança de preferências individuais. Essencialmente, as projeções focaram nos efeitos de transição demográfica e incorporando melhorias na educação. Porém, não pretendem ser exaustivas quanto às forças que podem vir a influenciar a necessidade adicional de servidores no Executivo federal.

O crescimento econômico futuro pode impactar tanto as restrições orçamentárias do governo, quanto o perfil de consumo dos brasileiros. Se elevado, o crescimento pode beneficiar o orçamento com maior arrecadação e possibilidade de aumentos na quantidade de servidores. Também, o crescimento da renda pode melhorar a condição socioeconômica das famílias, que podem demandar menos serviços públicos com a contratação de planos de saúde e escolas privadas, por exemplo. Na ausência de crescimento econômico, efeitos contrários podem vir a ser observados. Como sugestão, desdobramentos do presente estudo podem investigar os efeitos que o crescimento econômico gera sobre a demanda por serviços públicos em cenários de envelhecimento populacional.



Finalmente, não se realizou considerações acerca da viabilidade técnica e investimentos necessários para o desenvolvimento das tecnologias de automação, que precisam ser analisados de acordo com cada tecnologia e oportunidade de uso em ambiente de trabalho. Maiores discussões são necessárias sobre os impactos orçamentários da automação, incluindo seus custos de desenvolvimento e implementação. Sugere-se que pesquisas futuras aprofundem as perspectivas de automação mapeando *in loco* as oportunidades de inovação e desenvolvendo soluções técnicas viáveis para o setor público.

## REFERÊNCIAS

ACEMOGLU, D.; RESTREPO, P. Demographics and automation. *The Review of Economic Studies*, v. 89, n. 1, p. 1-44, 2022.

ADAMCZYK, W. B. Futuro das ocupações no Executivo federal brasileiro: cenários de demanda. Escola Nacional de Administração Pública – ENAP. Brasília, maio de 2021.

ADAMCZYK, W. B. Impacto da Automação no Executivo Federal no Brasil: aspectos sociodemográficos e previdenciários. Escola Nacional de Administração Pública – ENAP. Brasília, 2020. Disponível em: <http://repositorio.enap.gov.br/handle/1/6313>. Acesso em: 20 de maio 2021.

ADAMCZYK, W. B.; MONASTERIO, L.; FOCHEZATTO, A. Automation in the future of public sector employment: the case of Brazilian Federal Government. *Technology in Society*, v. 67, p. 101722, 2021.

ALBUQUERQUE, P. H. M.; SAAVEDRA, C. A. P. B.; MORAIS, R. L.; PENG, Y. The Robot from Ipanema goes Working: Estimating the Probability of Jobs Automation in Brazil. *Latin American Business Review*, 20:3, 227-248, 2019.

ALVES, J. E. D. Bônus demográfico no Brasil: do nascimento tardio à morte precoce pela Covid-19. *Revista Brasileira de Estudos de População*, v. 37, p. 1–18, 2020.

ARNTZ, M.; GREGORY, T.; ZIERAHN, U. The risk of automation for jobs in OECD countries. OECD Social, Employment and Migration Working Papers, No. 189. Paris: OECD Publishing, 2016.

AUTOR, D. H. The 'Task Approach' to Labor Markets: An Overview. *Journal for Labour Market Research* 46 (3): 185–99, 2013.

BASS, F. M. Comments on "A New Product Growth for Model Consumer Durables The Bass Model". *Management Science* 50, p. 1833-1840, 2004.

BRASIL. Planejando a próxima década: conhecendo as 20 metas do Plano Nacional de Educação. Brasília: Ministério da Educação, 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Relatório do 3º ciclo de monitoramento das metas do Plano Nacional de Educação – 2020: sumário executivo. Brasília, 2020.

BLOOM, D. E.; LUCA, D. L. The global demography of aging: facts, explanations, future. In: *Handbook of the economics of population aging*. North-Holland, p. 3-56, 2016.

CEPAL – COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE. Observatório Demográfico. Santiago, 2015.

COGNIZANT. 21 Jobs of the Future: a guide to getting – and staying – employed for the next 10 years. Center for the Future of Work, 2017.

CONCLA – COMISSÃO NACIONAL DE CLASSIFICAÇÃO. Classificação Brasileira de Ocupações – CBO. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/classificacoes/por-tema/ocupacao/classificacao-brasileira-de-ocupacoes.html>. Acesso em: 24 de maio 2021.

DIELEMAN, J. L. *et al.* Future and Potential Spending on Health 2015–40: development assistance for health, and government, prepaid private, and out-of-pocket health spending in 184 countries. *The Lancet*, v. 389, n. 10083, p. 2005-2030, 2017.

EGGLESTON, K.; LEE, Y. S.; IIZUKA, T. Robots and Labor in the Service Sector: Evidence from Nursing Homes. Working paper n. 28322, NBER – National Bureau of Economic Research, 2021.

SULTAN, F.; FARLEY, J. U.; LEHMANN, D. R. Reflections on “A meta-analysis of applications of diffusion models”. *Journal of Marketing Research*, v. 33, n. 2, p. 247-249, 1996.

FIGUEIREDO, J. O.; PRADO, N. M. B. L.; MEDINA, M. G.; PAIM, J. S. Gastos público e privado com saúde no Brasil e países selecionados. *Saúde debate*, v. 42, p. 37-47, 2018.

FOCHEZATTO, A., CORREA PETRY, G., BRAATZ, J., MARTINEZ, P. M., ROCHA, M. M. Envelhecimento Populacional e Financiamento Público: análise do Rio Grande do Sul utilizando um modelo multissetorial. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 37, 1-24, 2020.

FREY, C. B.; OSBORNE, M. A. The Future of Employment: how susceptible are jobs to computerisation? *Technological Forecasting and Social Change*, v. 114, p. 254-280, 2017.

GONZAGA, G.; GUANZIROLI, T. Returns to experience across tasks: evidence from Brazil. *Applied Economics Letters*, v. 26, n. 20, p. 1718-1723, 2019.

HESA – HIGHER EDUCATION STATISTICS AGENCY. Higher Education Staff Statistics: UK, 2019/20. *Statistical Bulletin SB259*, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indicadores Sociodemográficos - Prospectivos Brasil 1991-2030, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Projeções da População do Brasil e Unidades da Federação por sexo e idade - 2010-2060, 2018.

INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Sinopse Estatística da Educação Básica 2019, 2020a. Disponível em: <http://inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-basica>. Acesso em: 20 de maio 2021.

INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Sinopse Estatística da Educação Superior – Graduação 2019, 2020b. Disponível em: <http://inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior>. Acesso em: 20 de maio 2021.

JAKOVLJEVIC, M., POTAPCHIK, E.; POPOVICH, L.; BARIK, D.; GETZEN, T. E. Evolving Health Expenditure Landscape of the BRICS Nations and Projections to 2025. *Health Economics* v. 26, n. 7, p. 844–52, 2016.

JESUS, C. S. Transição Demográfica e o Regime Geral da Previdência Social no Brasil. *Economia Ensaios*, v. 34, n. 2, 2020.

KILSZTAJN, S., ROSSBACH, A., CÂMARA, M. B., CARMO, M. S. N. Serviços de saúde, gastos e envelhecimento da população brasileira. *Revista Brasileira de Estudos de População*, 20(1), 93–108, 2003.

KUBOTA, L. C.; MACIENTE, A. N. Propensão à automação das tarefas ocupacionais no Brasil. *Radar: tecnologia, produção e comércio exterior*, v. 61. Brasília: IPEA, 2019.

LEE, R. The Demographic Transition: three centuries of fundamental change. *Journal of economic perspectives*, v. 17, n. 4, p. 167-190, 2003.

LOPEZ, F.; GUEDES, E. Atlas do Estado brasileiro: uma análise multidimensional da burocracia pública brasileira em duas décadas (1995-2016). *Atlas do Estado Brasileiro*, p. 2-44, 2018.

MANYIKA, J., CHUI, M., MIREMADI, M. A future that works: AI, automation, employment, and productivity. McKinsey Global Institute Research, Tech. Rep, 60, 2017.

MASON, A.; LEE, R. Reform and support systems for the elderly in developing countries: capturing the second demographic dividend. *Genus*, v. 62, n. 2, p. 11-35, apr. 2006.

MEADE, N.; ISLAM, T. Modelling and forecasting the diffusion of innovation—A 25-year review. *International Journal of forecasting*, v. 22, n. 3, p. 519-545, 2006.

MELO, A. F. A saúde do idoso em 2030: uma análise prospectiva do gasto público na saúde no Brasil. Dissertação (Mestrado Profissional em Saúde Pública) - Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães, Fundação Oswaldo Cruz, 2011.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Population with tertiary education (indicator), 2021a. doi: 10.1787/0b8f90e9-en Acesso em: 17 de maio 2021.

OECD – ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. Students per teaching staff (indicator), 2021b. doi: 10.1787/3df7c0a6-en Acesso em: 17 de maio 2021.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, World Population Prospects: The 2019 Revision, 2019.

RAIS – RELAÇÃO ANUAL DE INFORMAÇÕES SOCIAIS. Manual de Orientação da RAIS – ano-base 2018. Brasília: MTb, SPES, 2019. Disponível em: <ftp://ftp.mtbs.gov.br/pdet/microdados/>. Acesso em: 24 de maio 2021,

ROCHA, R.; FURTADO, I.; SPINOLA, P. Financing needs, spending projection, and the future of health in Brazil. Health Economics, v. 30, n. 5, p. 1082-1094, 2021.

SANTIAGO, F. S. Projeções dos impactos econômicos decorrentes das mudanças demográficas no Brasil para o período de 2010 a 2050. Tese de doutorado (Doutorado em Economia) - Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional da Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

SIAPE – SISTEMA INTEGRADO DE ADMINISTRAÇÃO DE PESSOAL. Base de dados SIAPE, 2017. Disponível em: [www.siapenet.gov.br/portal/servico/Apresentacao.asp](http://www.siapenet.gov.br/portal/servico/Apresentacao.asp). Acesso em: 20 de mai 2021.

SIAPENET. Portal Siapenet. Apresentação. Disponível em: [www.siapenet.gov.br/portal/servico/Apresentacao.asp](http://www.siapenet.gov.br/portal/servico/Apresentacao.asp). Acesso em: 20 de mai 2021.

STAMPE, M. Z. Três ensaios sobre mudança demográfica e seus impactos nas economias brasileira e gaúcha. Tese de doutorado (Doutorado em Economia) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

STN/ME – SECRETARIA DO TESOURO NACIONAL DO MINISTÉRIO DA ECONOMIA DO BRASIL. Relatório de Riscos Fiscais da União, 2020. Disponível em: <https://www.tesourotransparente.gov.br/publicacoes/relatorio-de-riscos-fiscais-da-uniao/2020/114> . Acesso em: 24 de maio 2021.

WEF – WORLD ECONOMIC FORUM. The Future of Jobs: employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution. Global Challenge Insight Report, 2016.

WORLD BANK. Age dependency ratio, old (% of working-age population) - Brazil, United Kingdom, France, Italy. The World Bank Data, 2020. Disponível em: <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.DPND.OL?locations=BR-GB-FR-IT> . Acesso em: 04 de maio 2021.

ZANON, R. R.; MORETTO, A. C.; RODRIGUES, R. L. Envelhecimento populacional e mudanças no padrão de consumo e na estrutura produtiva brasileira. Revista Brasileira de Estudos de População, v. 30, p. 45-67, 2013.

## APÊNDICES

Tabela A1. Famílias de ocupações da área da saúde.

Código CBO	Família de ocupações
1312	Gestores e especialistas de operações em empresas, secretarias e unidades de serviços de saúde
2011	Profissionais da biotecnologia
2211	Biólogos e afins
2212	Biomédicos
2232	Cirurgiões-dentistas
2233	Veterinários e zootecnistas
2234	Farmacêuticos
2235	Enfermeiros e afins
2236	Fisioterapeutas
2237	Nutricionistas
2238	Fonoaudiólogos
2239	Terapeutas ocupacionais, ortoptistas e psicomotricistas
2241	Profissionais da educação física
2251	Médicos clínicos
2252	Médicos em especialidades cirúrgicas
2253	Médicos em medicina diagnóstica e terapêutica
2261	Osteopatas e quiropraxistas
2263	Profissionais das terapias criativas, equoterápicas e naturológicas
2515	Psicólogos e psicanalistas
3221	Tecnólogos e técnicos em terapias complementares e estéticas
3222	Técnicos e auxiliares de enfermagem
3223	Técnicos em óptica e optometria
3224	Técnicos de odontologia
3225	Técnicos em próteses ortopédicas
3226	Técnicos de imobilizações ortopédicas
3241	Tecnólogos e técnicos em métodos de diagnósticos e terapêutica
3242	Técnicos de laboratórios de saúde e bancos de sangue
3251	Técnico em farmácia e em manipulação farmacêutica
3252	Técnicos em produção, conservação e de qualidade de alimentos
3253	Técnicos de apoio à biotecnologia
3281	Técnicos em necrópsia e taxidermistas
5151	Trabalhadores em serviços de promoção e apoio à saúde
5152	Auxiliares de laboratório da saúde
5153	Trabalhadores de atenção, defesa e proteção a pessoas em situação de risco e adolescentes em conflito com a lei
5161	Trabalhadores nos serviços de embelezamento e higiene
5162	Cuidadores de crianças, jovens, adultos e idosos

Fonte: elaboração própria.

Tabela A2. Comparativo do crescimento de profissionais entre os Cenários 2 e 3.

CBO 2002	TITULO	Atual	Cenário 2		Cenário 3	
		2019	2050	%	2050	%
411	Escriturários em geral, agentes,	141.045	156.339	10,8%	156.339	10,8%
234	Professores do ensino superior	82.995	67.945	-18,1%	123.911	49,3%
232	Professores do ensino médio	38.486	31.228	-18,9%	31.228	-18,9%
252	Profissionais de organização e	27.819	30.837	10,8%	30.837	10,8%
517	Trabalhadores nos serviços de	24.795	27.483	10,8%	27.483	10,8%
322	Técnicos da ciência da saúde	21.160	31.176	47,3%	31.176	47,3%
111	Membros superiores do poder	19.693	21.828	10,8%	21.828	10,8%
254	Auditores fiscais públicos	18.078	20.038	10,8%	20.038	10,8%
351	Técnicos das ciências	13.348	14.795	10,8%	14.795	10,8%
515	Trabalhadores dos serviços de	13.006	19.134	47,1%	19.134	47,1%
223	Profissionais da medicina,	12.386	18.247	47,3%	18.247	47,3%
241	Advogados, procuradores,	10.737	11.901	10,8%	11.901	10,8%
212	Profissionais da informática	10.186	11.290	10,8%	11.290	10,8%
352	Técnicos de inspeção,	10.037	11.124	10,8%	11.124	10,8%
225	Profissionais da medicina	8.692	12.559	44,5%	12.559	44,5%
251	Cientistas sociais, psicólogos e	6.286	7.205	14,6%	7.205	14,6%
214	Engenheiros, arquitetos e afins	6.224	6.898	10,8%	6.898	10,8%
424	Entrevistadores,	6.199	6.871	10,8%	6.871	10,8%
261	Profissionais da comunicação e	5.941	6.585	10,8%	6.585	10,8%
782	Condutores de veículos e	5.165	5.725	10,8%	5.725	10,8%
412	Secretários de expediente e	4.910	5.443	10,9%	5.443	10,9%
242	Advogados do poder judiciário	4.159	4.610	10,8%	4.610	10,8%
331	Professores de nível médio na	3.596	2.917	-18,9%	2.917	-18,9%
324	Técnicos em operação de	3.344	4.875	45,8%	4.875	45,8%
239	Outros profissionais do ensino	3.096	2.568	-17,1%	2.568	-17,1%
233	Professores e instrutores do	2.960	2.397	-19,0%	2.397	-19,0%
313	Técnicos em eletroeletrônica e	2.885	3.198	10,8%	3.198	10,8%
514	Trabalhadores nos serviços de	2.854	3.164	10,9%	3.164	10,9%
317	Técnicos em informática	2.813	3.118	10,8%	3.118	10,8%
311	Técnico em ciências físicas e	2.671	2.960	10,8%	2.960	10,8%
203	Pesquisadores	2.621	2.905	10,8%	2.905	10,8%
301	Técnicos em laboratório	2.147	2.380	10,9%	2.380	10,9%
201	Profissionais da biotecnologia	1.944	2.657	36,7%	2.657	36,7%
371	Técnicos de serviços culturais	1.881	2.085	10,8%	2.085	10,8%
	Outros (128)	31.359	34.851	11,1%	34.851	11,1%
	Total	555.518	599.336	7,9%	655.302	18,0%

Fonte: elaboração própria.



Tabela A3. Quadro resumo dos parâmetros populacionais, de inovação e projeções para cada cenário.

Ano	Variação populacional	Coeficiente de Bass (acumulado)	Sem automação			Automação Baixa			Automação Alta		
			Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
2019	0,0000	0,0000	555518	555518	555518	555518	555518	555518	555518	555518	555518
2020	0,0077	0,0014	557732	558314	558770	557626	558203	558651	557465	558037	558457
2021	0,0151	0,0034	559660	560858	563140	559404	560590	562852	559014	560187	562384
2022	0,0223	0,0063	561286	563109	567361	560817	562619	566836	560104	561883	565979
2023	0,0292	0,0103	562784	565219	571468	562015	564416	570607	560846	563209	569203
2024	0,0359	0,0159	564250	567315	575549	563060	566072	574216	561250	564203	572041
2025	0,0423	0,0238	565657	569369	579614	563876	567509	577619	561167	564713	574364
2026	0,0484	0,0348	567056	571436	583716	564452	568715	580798	560491	564626	576039
2027	0,0542	0,0500	568526	573596	587870	564783	569685	583678	559091	563810	576838
2028	0,0598	0,0708	569958	575731	592032	564658	570193	586096	556597	561873	576410
2029	0,0651	0,0988	571428	577922	596243	564029	570191	587954	552775	558576	574432
2030	0,0701	0,1358	573088	580316	600577	562914	569686	589180	547440	553715	570587
2031	0,0747	0,1835	574549	582518	604629	560802	568155	589230	539893	546574	564107
2032	0,0791	0,2429	575903	584620	608413	557705	565607	588028	530028	537040	554773
2033	0,0832	0,3139	577337	586818	612131	553823	562251	585790	518059	525337	542819
2034	0,0870	0,3946	578777	589036	615827	549218	558153	582716	504261	511750	528698
2035	0,0905	0,4813	580008	591059	619376	543953	553389	578988	489116	496788	513099
2036	0,0937	0,5691	580994	592845	622673	538367	548309	574923	473535	481391	497024
2037	0,0967	0,6526	581912	594571	625861	533030	543499	571104	458685	466762	481775
2038	0,0993	0,7276	582590	596064	628867	528092	539125	567820	445205	453571	468227
2039	0,1016	0,7915	583046	597330	631737	523762	535390	565328	433597	442324	456989
2040	0,1036	0,8435	583314	598396	634475	520131	532382	563698	424034	433194	448232
2041	0,1053	0,8844	583433	599303	637083	517185	530088	562873	416428	426089	441808
2042	0,1068	0,9157	583370	600014	639563	514783	528354	562734	410468	420683	437394
2043	0,1080	0,9390	583092	600499	641929	512758	527014	563142	405786	416600	434610

2044	0,1088	0,9561	582633	600792	644179	511015	525966	563954	402090	413537	433076
2045	0,1095	0,9686	581989	600897	646322	509440	525098	565053	399098	411206	432472
2046	0,1098	0,9775	581243	600892	648374	508023	524392	566355	396662	409448	432549
2047	0,1099	0,9839	580379	600756	650327	506680	523756	567771	394589	408059	433089
2048	0,1097	0,9885	579348	600437	652165	505308	523080	569227	392698	406847	433921
2049	0,1092	0,9917	578197	599973	653896	503915	522363	570686	390938	405751	434938
2050	0,1084	1,0000	576932	599358	655511	502028	521099	571605	388105	403511	434721

Fonte: elaboração própria.